

Claims 1 and 2 of Citation 3 (JP-A 557-075640)

- 1. An ultrasonic imaging apparatus simultaneously activating a queue of oscillators aligned in a line and obtaining an ultrasonic image by means of emitting an ultrasonic beam via the switching the activated oscillators, wherein the oscillators are formed by arraying a plurality of electrodes on an organic piezoelectric substrate, characterized in that, the apparatus is configured to achieve the emitted ultrasonic beam being focused by activating the oscillator in accordance with the distance between the oscillator and a circular arc at the center of the focusing point.**
- 2. An ultrasonic imaging apparatus simultaneously activating a queue of oscillators aligned in a line and obtaining an ultrasonic image by means of emitting an ultrasonic beam by switching the activated oscillators, wherein the plural oscillators are formed by arraying a plurality of electrodes on an organic piezoelectric substrate, the apparatus comprising:**
 - plural receiver located in the vicinity of the oscillators for receiving the ultrasonic beam emitted by the oscillators;**
 - a first means for measuring the distance between the receiver and the oscillator; and**
 - a second means for determining the position of the oscillator by means of the position of the receiver and the distance measured by the first means, wherein the emitted ultrasonic beam is focused by retarding the activation of the oscillator in accordance with the position of the oscillator determined by the second means.**

⑨ 日本国特許庁 (JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭57—75640

⑤ Int. Cl.³
A 61 B 10/00
G 01 N 29/04

識別記号
1 0 4

庁内整理番号
7437—4C
6558—2G

⑬ 公開 昭和57年(1982)5月12日
発明の数 2
審査請求 未請求

(全 8 頁)

⑭ 超音波撮像装置

⑯ 特 願 昭55—150648

⑰ 出 願 昭55(1980)10月29日

⑱ 発 明 者 近藤敏郎

国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番
地株式会社日立製作所中央研究
所内

⑲ 発 明 者 山本悦治

国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番
地株式会社日立製作所中央研究
所内

⑳ 発 明 者 神田浩

㉑ 発 明 者 石川潔

国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番
地株式会社日立製作所中央研究
所内

㉒ 出 願 人 株式会社日立製作所
東京都千代田区丸の内1丁目5
番1号

㉓ 代 理 人 弁理士 薄田利幸

最終頁に続く

明 細 書

発明の名称 超音波撮像装置

特許請求の範囲

1. 複数個の一行に配列された振動子列の所定数の振動子をほぼ同時に駆動し、この駆動される振動子を切り換えることによつて超音波ビームを発生して超音波像を得る超音波撮像装置において、上記複数個の振動子が有機圧電体上に複数個の電極を配列することによつて構成されると共に上記振動子の位置と超音波ビームが集束される集束点を中心とする円弧上の位置との距離に応じて上記振動子を駆動することにより送波される超音波ビームを集束させることを特徴とする超音波撮像装置。

2. 複数個の一行に配列された振動子列の所定数の振動子をほぼ同時に駆動し、この駆動される振動子を切り換えることによつて超音波ビームを発生して超音波像を得る超音波撮像装置において、上記複数個の振動子が有機圧電体上に複数個の電極を配列することによつて構成されると

共に上記探触子の近傍に設置された上記振動子からの超音波を受波する複数個の受波器と、この受波器と上記振動子との距離を計測する第1の手段と、上記受波器の位置と上記第1の手段から得られる距離とから上記振動子の位置を求める第2の手段とを具備し、上記第2の手段から得られる振動子の位置に応じて上記振動子の駆動を適宜遅延させることにより送波される超音波ビームを集束させることを特徴とする超音波撮像装置。

発明の詳細な説明

本発明は超音波撮像装置、特に可とう性を有する超音波探触子を用いた超音波撮像装置に関する。

従来装置の問題点を従来の超音波断層装置の構成及びその動作を説明することにより明らかにする。その従来の超音波撮像装置の一例として所謂リニア電子走査を用いた超音波撮像装置をとりあげる。第1図は、その構成の概略を示すブロック図である。図において、T₁、～T_nは矩形の振動子素子で一行に配列されて所謂アレイ形探触子

1を構成する。振動子素子 $T_1 \sim T_n$ の各々には、リード線2を介して電子スイッチ $S_1 \sim S_n$ が接続され、これらのスイッチ $S_1 \sim S_n$ の他方は共通に接続されて受信回路3及びパルサー4に接続されている。パルサー4からのパルス信号は、スイッチ $S_1 \sim S_n$ のうちオン状態にあるスイッチを介して、そのスイッチに接続された探触子に加えられる。これにより、その探触子は付勢されて超音波を発生する。この超音波は、被検体例えば生体内(図示せず)で反射され、この反射波は、同じ探触子で受波されて電気信号に変換される。この電気信号は、スイッチ $S_1 \sim S_n$ のうちオン状態にあるスイッチを介して受信回路3に加えられる、増幅検波された後、ディスプレイ6を輝度変調する。なお、スイッチ $S_1 \sim S_n$ は、スイッチ制御回路5にて制御される。即ち、スイッチ $S_1 \sim S_n$ を1個ずつ順次進ませながら、例えば連続する4個ずつ同時にオン動作させることにより、超音波ビームを振動子素子 $T_1 \sim T_n$ の配列方向に走査(リニア走査)させる。また、CRTデ

配列されている振動子素子各々に接続されているリード線2は第1図のスイッチ $S_1 \sim S_n$ に接続されている。リニア電子走査形超音波断層装置で視野を広くしようとすれば、第2図のごとき探触子における振動子素子の数を増加させて、探触子の長さを長くすればよい。しかし被検体が生体のように探触子を接触させる表面が曲面である場合、あまり長くすると接触面に空隙ができ超音波が伝播しなくなり実用にならなくなる。このような理由で探触子の長さにおのずから限界がある。探触子を円弧状にすることにより長いものを実用化する方法を考えられるが、被検体である生体は、曲面の曲がりの個人差が大きく実際に適用する場合、種々の曲面の探触子を用意するなどの不便があり実用化はされていない。

本発明は上記のごとき問題点を解決するため、生体のごとき表面が曲面である被検体でも広視野で撮像可能な超音波撮像装置を提供することを目的とする。

而してすでに述べたように従来の探触子に用い

スプレイの垂直軸及び水平軸の掃引はスイープ回路7により制御される。即ち、垂直軸は探触子1から超音波が発射され、生体内を進行し、その過程で反射波として受信される時間内に、超音波の音速に相当した速さでスイープされる一方、水平軸はスイッチ $S_1 \sim S_n$ により選択された探触子群の中心軸方向に対応してスイープされる。ここでパルサー4、スイッチ制御回路5及びスイープ回路7はクロックパルスを発生するタイミング回路8により制御される。この装置はリアルタイムで断層値が観察されると云う特長から現在広く用いられている。ここで用いている探触子1は第2図に示すごとき構成のものがケース(図示せず)内に収められて用いられている。第2図において、9は巾の狭い振動子素子で、両面には薄い電極がある。この振動子素子には PZT などチタン酸鉛系の圧電セラミックスが用いられている。これらの電極にはそれぞれリード線2が接続されている。これら振動子素子は通常固い吸音材12、例えば金属粉を混入したゴムなどに所定の間隔で一列に

られている PZT などセラミック系の圧電材は固く曲げることができない。これに対し延伸されたポリブテン化ビニリデン(PVDF)、 PZT をPVDFなど有機材料に混合したいわゆる複合圧電材などは圧電性として可とう性がある。したがって自由に曲げて生体等の曲面に沿って接触させることができる。第2図に示したような PZT で構成された巾のせまい多数振動子素子からなるアレー探触子をPVDFで作ると第3図のようになる。ここで13は一定の厚さのPVDFのシートで、その一つの面には一面に電極14が、それに対向した面には、巾のせまい多数の電極15が設けられてある。これらの電極にはリード線16が接続されている。このようにしてPVDFでできたアレー探触子は自由に曲げることができる。超音波診断装置に上記の探触子を適用し、被検体に探触子をあてた場合、各々の振動子素子の位置は、被検体の曲線に対して変化する。このような位置の変化に対応して、振動子素子に与える電気信号の遅延時間を変えないと超音波ビームの方向は

P V D F でできた振動子のシートの曲がり方により影響を受け所望の方向に向かつて進行しないことになる。このような問題は、自由に曲がる可とう性のある圧電材によりできたアレー探触子を構成する多数の振動子素子それぞれの位置を正確に測定し、振動子に印加するパルス電圧の遅延時間に補正を行うことにより解決される。次に振動子素子が列状に一例に並んでいなくともそれらの位置の測定値から補正する方法について述べる。

第4図に可とう性のある P V D F でできた圧電体のシートで作られたアレー探触子を体表に密着した状態を示す。ここで13は上記の P V D F で作られた圧電体のシート、15はアレー探触子を構成する幅のせまい電極群である。Sは体表に密着させることにより体表に沿った曲面を示す。S'はアレー探触子の前方 P (x_P, y_P) を中心とし、m番目の電極の中心を通る円弧状の曲線である。P V D F でできた探触子がこの円弧 S' 上にあれば、15の電極群に同時にパルス電圧を印加すれば超音波は点 P に同時に到着するため P 点に

$$(x'_{m}-x_P)^2 + (y'_{m}-y_P)^2 = r^2$$

$$(y'_{m}-y_P)(x_P-x_P) = (y_P-y_P)(x'_{m}-x_P)$$

以上説明したように体表に沿った任意曲面のアレー探触子においても、各振動子素子の位置が正確に与えられると振動子に印加するパルス電圧の遅延時間に補正をすることにより解決されることが明らかになった。次にこの補正を実施例するための体表に沿った曲面のアレー探触子の各振動子素子の位置を計測する方法を実施例で説明する。第5図は、本発明の一実施例の構成を示す図であり振動子素子それぞれの位置を測定する装置を示している。第5図に於て、17は被検体である生体、18は P V D F など有機圧電材でできた可とう性のある超音波探触子で広視野で撮像できるようその長さを十分長くかつたもので、第3図と同じ構造のアレー形探触子となつている。この探触子の振動子は可とう性があるためその長さを長くしても生体と密着し空隙ができる恐れはないのが特徴である。19は、ケースで、この中には超音波を伝播する液体²⁰（例えば水、桐油等）が封じこめら

る。超音波ビームが集束されることになる。ここで円弧 S なる曲面の圧電体でもつて曲面 S' と同様の集束作用を与える方法について述べる。

円弧 S' の曲率半径を r とする。S なる曲面上の圧電体の各電極にパルス電圧を印加させて発射する超音波が点 P に同時に到着するためには、それぞれ適当な遅延を与える必要がある。

この遅延時間は次のようにして与えることができる。即ち、P 点から S 曲線上の n 番目の電極を通る直線と曲線 S' と交る点を (x'_{n}, y'_{n}) とする。曲線 S 上の電極位置は正確に測定されており、その位置を (x_{n}, y_{n}) とする。(x_{n}, y_{n}) と (x'_{n}, y'_{n}) との距離の差 Δr は Δr = $\sqrt{(x_{n}-x'_{n})^2 + (y_{n}-y'_{n})^2}$ で与えられる。したがって、圧電体の各電極には Δt_{n} = Δr/v なる遅延時間を与えたパルス電圧を印加すると超音波は点 P に集束される。ここに v は媒体中の音速である。ここで曲線 S' と P (x_P, y_P) を通る直線の連立方程式を解けば x'_{n}, y'_{n} が与えられる故次の連立方程式の解が x'_{n}, y'_{n} である。

ケースの内面は上記の液体の音響インピーダンスにほぼ近い値にとつて界面の反射が生じないようにする。またこの物質は超音波の減衰の大きいものが吸音材となり都合がよい。このような材料として例えばシリコンゴム、またはシリカ等を混合させたシリコンゴムがある。このケース内には一定の距離 L をおいて複数個の超音波の受波器 21, 22 がおかれてある。第1図に示したパルサー 4 とスイッチ回路 2 より超音波振動子の任意の電極にパルス電圧を印加することができる。ここでパルサーとスイッチ回路とを回路 23 で示す。例えば1本の振動子 A を選び、パルス電圧を印加し、超音波を発射する。ここから発射された超音波は受波器 21 と 22 で受波し、その電気信号は増巾器 24, 25 で増幅する。パルサーと切換スイッチからなる回路 23 により振動子 A にパルス電圧を印加した後、受波器 21, 22 からの電気信号までの時間 Δt₁, Δt₂ をパルス時間 Δt 測定回路 26 により測定すると、振動子 A から受波器 21, 22 までの距離 L₁ =

$v/l_1, l_2 = v/l_2$ は測定できる。ここに v はケース内の液体の音速である。また、ここで用いられている受波器 21, 22 は第 2 図に示した探触子で振動子素子を 1 本とした構造のものをを用いればよい。例えば第 6 図に示したような構造のものをを用いるのである。なお、第 6 図において、第 2 図と同一符号は同一又は均等部分を示している。振動子 A は一定の距離のある 2 ケ所の受波器からの距離がわかれば、その位置を正確に求めることができる。上記の距離測定にシングラント法（超音波使覧（日刊工業新聞社発行）592 頁参照）を適用すれば測定精度はさらに向上する。振動子 A と受波器の距離の測定法について詳細に説明する。上記の脉冲時間々隔測定回路 26 として第 7 図に示した構成のものが用いられる。図においてクロック信号発生器 61 は一定の周期の脉冲が発生する。62 はフリップフロップであり、上記パルサの送波パルスでセットされ受波パルスでリセットされる。フリップフロップ 62 からの出力信号でゲート回路 63 の開閉を行なう。

y_2) とする。

C を中心として半径 l_1 の円を描き、D を中心として半径 l_2 の円を描くと、これらの円の交点 E (x, y) が、C と D より l_1 と l_2 なる距離の点で A に相等する。従つて l_1 と l_2 が与えられれば点 A の位置は求められる。

C を中心とした半径 l_1 の円の式

$$(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 = l_1^2 \quad (1)$$

D を中心とした半径 l_2 の円の式

$$(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 = l_2^2 \quad (2)$$

(1) と (2) で、 $x_1, y_1, x_2, y_2, l_1, l_2$ は既知数で x, y のみ未知数、式 2 ケあり解くことが出来る。なお第 5 図では $y_1 = y_2$ 従つて

$$x = \frac{(l_1^2 - l_2^2) + (x_2^2 - x_1^2)}{2(x_2 - x_1)} \quad (3)$$

$$y = \sqrt{l_1^2 - (x - x_1)^2} + y_1 \quad (4)$$

となり、振動子素子の位置 (x, y) は与えられる。

以上の計算は装置に設けたマイクロコンにより

うになつている。なお、64 はカウンタである。

第 8 図にこれら回路の信号のタイムチャートを示す。第 8 図(a) はクロック信号発生器 61 の出力信号、第 8 図(b) はパルサからの送波パルス、第 8 図(c) は受波パルス、第 8 図(d) はフリップフロップ 62 の出力信号、第 8 図(e) はゲート回路の出力信号である。このようにゲート回路 63 が開いている期間は、第 5 図で送波パルスにより探触子から音波が発射し、受波器 21, 22 に音波が到達する時間 t_1, t_2 に相当する。したがつてゲート回路 63 の出力信号のパルス数が上記の時 t_1, t_2 に相当する。したがつてこのパルス数をカウンタで計測することにより上記の t_1, t_2 を求めることができる。

このようにして求めた時間間隔の逆数を計算することにより距離を求めることができる。

次にこの距離を与えると振動子素子の位置 E (x, y) が一義的に与えられることを説明する。

いま、第 11 図に示す如く、第 5 図の受波器 21 と 22 の位置を C (x_1, y_1), D ($x_2,$

容易に実施できる。

第 9 図は、生体の超音波断層像をさらに広視野とするためさらに大きい有機圧電材で作つた振動子を用いた実施例の構成を示す図である。第 9 図に於て 17 は第 4 図と同じく診断しようとする生体、18 は P V D F などできた振動子、19 はケース、20 は超音波の媒体となる液体、21, 22, 21', 22', 21'', 22'' はそれぞれ超音波の受波器であり、支持具 28, 29 及び 30 に装着されている。27 はケース 19 と振動子 18 を接続する可とう性のあるシートで媒体となる液体をとりかこみ、振動子を体表にあてたとき十分密着するよう、ケースの支持具 28, 29, 30 をヒンジ 31 を中心に任意の角度で折り曲げられるよう十分可とう性を持つ有機材料で作られている。この図の実施例の動作は第 5 図のものと全く同じで、断層像の視野を広くするため、大きな振動子を用い、それらが自由に屈曲するよう支持具を設け、且つ受波器の数を増加させたことにある。ここで受波器 21, 22 と 21', 22'

あるいは21", 22"との相対位置は、支持具28, 29, 30をヒンジ31を中心におりまげることにより変化するため、ヒンジ31に回転角のセンサを設けることにより、振動子全面にわたり位置を計測することを行う。この回転センサーとしては公知のポテンシヨメーター、コード板などを適用すれば正確に測定できる。

受波器21, 22の信号と受波器21", 22"の信号の処理は左右対称で原理は同じであるため受波器21, 22を例にとり説明する。

第9図に示すようにヒンジ31の回転角センサーの位置を示す座標を(x_s, y_s)とする。受波器21, 22の向く位置を示す座標を(x_a, y_a)と(x_b, y_b)とする。回転角センサーを通る水平線に対し、受波器21, 22がなす角を θ_a, θ_b 、回転角センサーの中心点から受波器までの距離を r_a, r_b とする。

$$\begin{cases} x_a = x_s + r_a \cos \theta_a & (5) \end{cases}$$

$$\begin{cases} y_b = y_s + r_b \sin \theta_b & (6) \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_b = x_s + r_b \cos \theta_b & (7) \end{cases}$$

す図である。この図は第7図に示した距離の計測回路と第9図に示した有機圧電材による探触子と組合せてすでに説明した原理(式(3), (4))による探触子の素子各々の位置計測の演算とそれに印加するパルス電圧のタイミングの補正計算を実現するものである。

ここで、65はマイクロコンピュータの入出力部、66はマイクロコンピュータ、67, 67'はタップ付遅延線からなる遅延回路68, 68'のレジスター、69はパルサーである。上記のレジスター、遅延回路は探触子の素子の数だけ設けられる。本図は説明の簡略化のため2回路のみ示してある。前記の原理に基づいて受波器21, 22の信号と回転角センサーの信号より式(7)~(8)に基づいてマイクロコンにより素子の位置を式(3)と(4)より計算し次に各々のパルス電圧のタイミングの補正値がレジスタに与えられる。

以上の構成により本発明が目的とした広視野の探触子が実現される。

なお以上の説明では、本発明が電子走査形超音

$$\begin{cases} y_b = y_s + r_b \sin \theta_b & (8) \end{cases}$$

ここで x_s, y_s, r_a, r_b は既知、 θ は回転角センサーより与えられる。従つて(x_a, y_a)と(x_b, y_b)とは上記の式より求まり、受波器の位置は定まる。回転角センサーとして2進コード板によるエンコーダーは市販されており、上記の式に従つて計算機などの演算装置などにより容易に受波器21, 22の位置は与えられる。受波器21, 22の位置が求まると上記の式により振動子Aの絶対位置も演算装置などを用いて容易に演算できる。

以上第4図、第7図、第8図で、可とう性のある圧電材料を用いることにより任意の形状の被検体の表面に密着できるアレー形探触子において、任意に変形する振動子部における巾のせまい振動部の位置を正確に測定できる方法を示した。

また、上記は送波の集束法について説明したが、受波の集束法においては全く同じ考え方で実現できる。

第10図は、上記の説明を実現した実施例を示

波断面装置の探触子に適用した例について説明したが、開口合成法による超音波断面装置に適用できることは明らかである。

また超音波振動子としてPVD Fなど可とう性のある圧電材料の代わりPZTなど従来のセラミック系の圧電材を小さくしたものを可とう性のある有機材料などで結合してPVD Fなど可とう性のある圧電材料と類似した可とう性を持たせたものを用い、本発明と同様の効果を持たせることもできる。

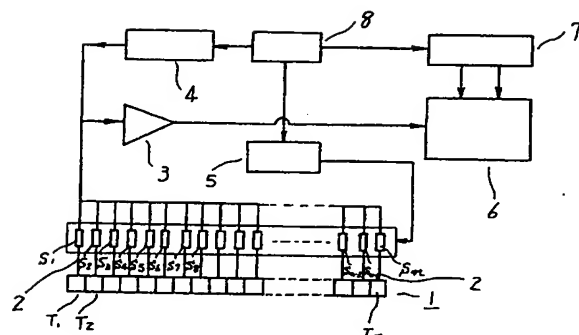
図面の簡単な説明

第1図は、従来の超音波断面装置の概略構成を示す図、第2図は、従来の探触子の構成を示す図、第3図は、本発明で用いられる有機圧電体により構成された探触子の構成を示す図、第4図は、本発明における超音波ビームの集束方法を説明するための図、第5図は、本発明の要部の一実施例の構成を示す図、第6図は、本発明で用いる受波器の概略構成を示す図、第7図は、本発明の要部の一実施例の構成を示す図、第8図は、第7図の動

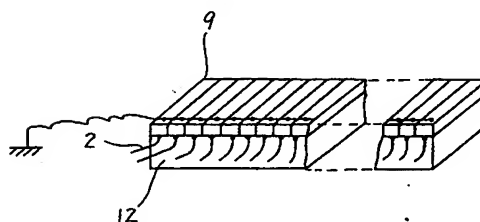
作を説明するための図、第9図は、本発明の後部の他の実施例の構成を示す図、第10図は、本発明の実施例の構成を示す図、第11図は、本発明の動作を説明するための図である。

代理人 井雄士 澤田利幸

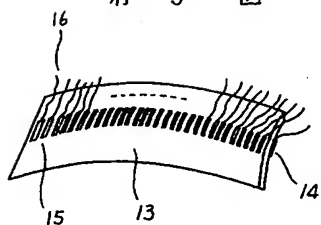
第 1 図



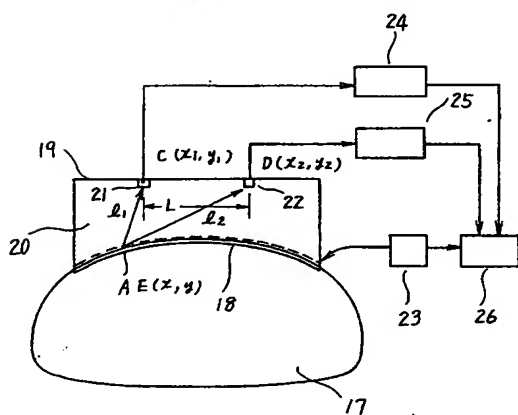
第 2 図



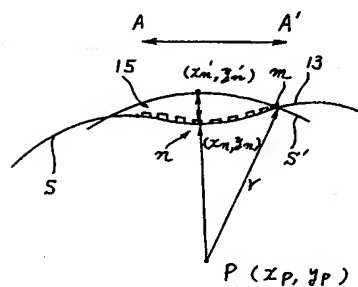
第 3 図



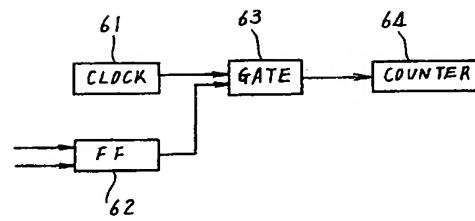
第 5 図



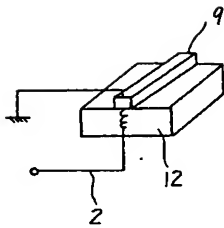
第 4 図



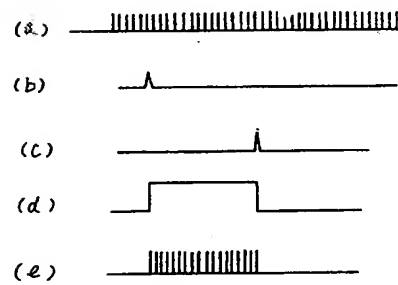
第 7 図



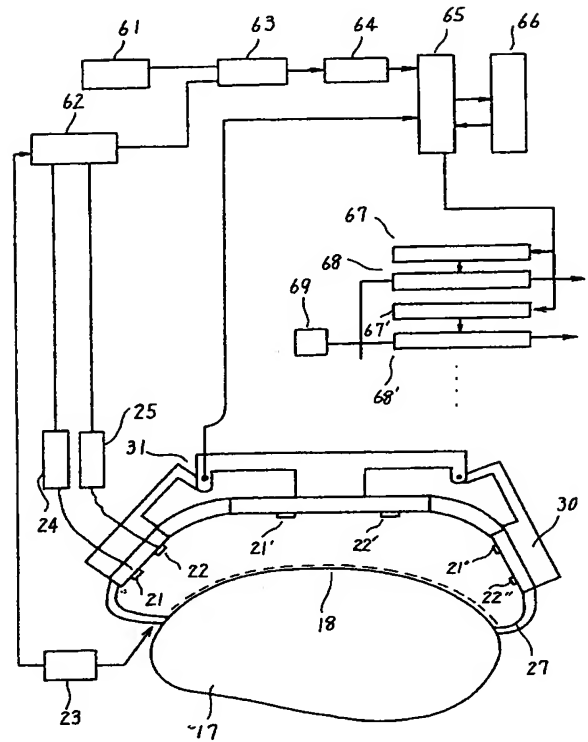
第 6 図



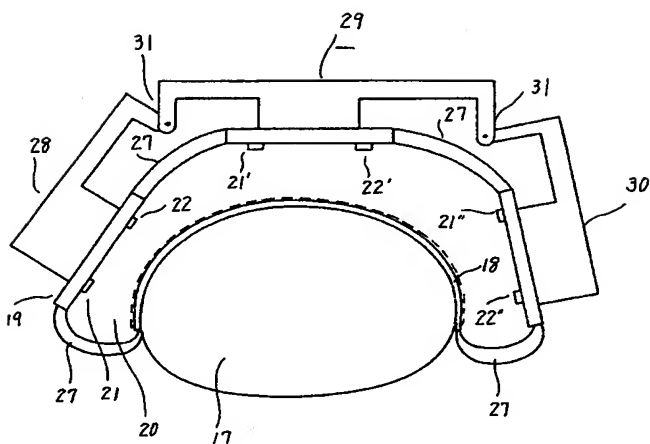
第 8 図



第 10 図

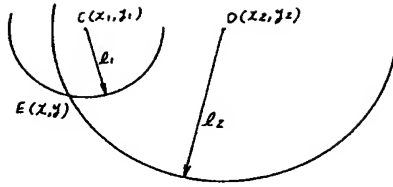


第 9 図



第 1 頁の続き

第 11 図



⑫発 明 者 黒田正夫
国分寺市東恋ヶ窪 1 丁目280番
地株式会社日立製作所中央研究
所内

⑬発 明 者 中谷千歳
国分寺市東恋ヶ窪 1 丁目280番
地株式会社日立製作所中央研究
所内

⑭発 明 者 伊達山玲子
国分寺市東恋ヶ窪 1 丁目280番
地株式会社日立製作所中央研究
所内

⑮発 明 者 瀬尾巖
茨城県稲敷郡阿見町大字若栗13
15番地三菱油化株式会社中央研
究所内

⑯出 願 人 三菱油化株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目 5
番 2 号